

AN: PAT 1983-742386
TI: Drive stabilising system for suspended railway detects
position of magnetically-levitated vehicle using coded slits
and magnetic poles on stator and sensors on vehicle
PN: EP85879-A
PD: 17.08.1983
AB: The system has a coded strip (7) fixed to the stator (1)
and projects towards the vehicle (3-5). The vehicle has sensors
(13) fixed to it and projecting towards the stator so as to
overlap the coded strip. The strip comprises magnetic poles
forming a first coded sequence and slits forming a second coded
sequence. The sensors have detection coils for the magnetic
poles and detection coils for the slits. The coils for the
poles are at a different angle to the strip from the coils for
the slits. The sensors have U- or E-shaped cores whose limbs
are directed towards the strip. The coils for the poles are
wound on the limbs and the coils for the slits are wound on the
spines. The advantage lies in being unaffected by the fields
from the magnetic drive.;
PA: (THYS) THYSSEN IND AG;
IN: KNOLL H; MEINS J; MILLER L;
FA: EP85879-A 17.08.1983; **DE3303961**-A 18.08.1983;
DE3303961-C 14.12.1989; DE3382199-G 18.04.1991;
EP85879-B 13.03.1991; JP58148602-A 03.09.1983;
SU1620045-A 07.01.1991; US4603640-A 05.08.1986;
CO: DE; EP; FR; GB; IT; JP; SU; US;
DR: DE; FR; GB; IT;
IC: B60L-013/00; B60L-015/00; B61B-013/08; B61L-025/06;
G01B-007/00; G05D-001/08; H02P-007/00;
MC: X23-A01A; X23-A02;
DC: Q14; Q21; X23;
PR: DE3204615 10.02.1982; DE3211628 30.03.1982;
FP: 17.08.1983
UP: 18.04.1991

.....

THIS PAGE BLANK (USPTO)

02 P 06856

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 3303961 C2

⑤① Int. Cl. 4:
B60L 13/02
B 61 B 13/08
G 05 D 1/08

②① Aktenzeichen: P 33 03 961.5-32
②② Anmeldetag: 5. 2. 83
②③ Offenlegungstag: 18. 8. 83
②④ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 14. 12. 89

DE 3303961 C2

Innehalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③① Innere Priorität: ③② ③③ ③①
10.02.82 DE 32 04 615.4 30.03.82 DE 32 11 628.4

⑦③ Patentinhaber:
Thyssen Industrie AG, 4300 Essen, DE

⑦④ Vertreter:
Eberhard, F., Dipl.-Phys. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 4300
Essen

⑦② Erfinder:
Miller, Luitpold, 8012 Ottobrunn, DE; Knöll, Helmut,
Dr.-Ing., 7121 Erligheim, DE; Meins, Jürgen, Dr.-Ing.,
3340 Wolfenbüttel, DE

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 23 53 594 B1
DE 28 03 877 A1
DE-OS 21 15 724

Pollageerfassungssysteme beim synchronen lang-
statormotor mit Eisenkreis,
In: Eisenbahntechnische Rundschau (ETR) 1980,
Nr. 7/8, S. 588-590;

⑤④ Vorrichtung zur Übertragung von Informationen vom Fahrweg auf das Fahrzeug an einer Magnetschwebbahn

DE 3303961 C2

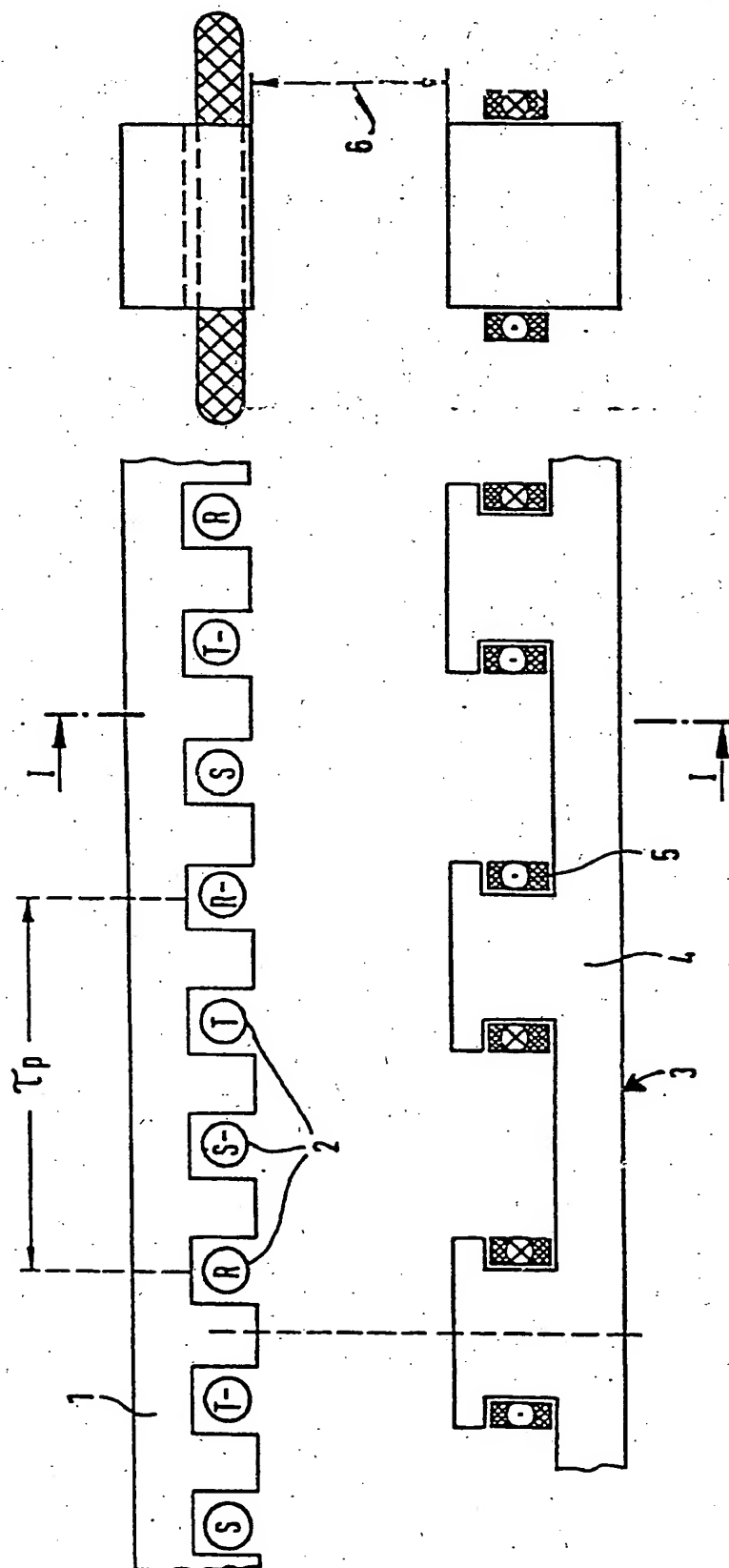


FIG. 1a

FIG. 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung.

Zur Stabilisierung der Vortriebskräfte bei einem Synchron- Langstatormotor ist es notwendig, Informationen über die relative Lage des fahrzeugbezogenen Erregersfeldes und der Statorwicklungsverteilung zu gewinnen, um die Phasenlage des schubbildenden Statorstrombelages definieren zu können. Darüberhinaus werden Informationen über die absolute Fahrzeuglage benötigt. Außerdem ist es erforderlich, den mechanischen Luftspalt zwischen dem Tragsmagneten und der Fahrschiene zu regeln.

Bei einem synchronen Linearmotor mit weggesteuerter Erregung ist eine Vorrichtung der eingangs bezeichneten Gattung bekannt (DE-OS 21 16 724), bei welcher längs des Langstators eine kodierte Meßleiste angeordnet ist, die im Bereich von Sensoren liegt, deren Meßsignale Sollwerte für den Erregerstrom liefern. Da sich diese Sollwerte nach jeder Periode einer Sinuskurve wiederholen, besteht die Meßleiste aus in Längsrichtung des Langstators beabstandeten Abschnitten mit einer der doppelten Polteilung entsprechenden Länge und mit die Kodierungen bildenden Stegen und Unterbrechungen, die auf allen Abschnitten in derselben Reihenfolge angebracht sind. Eine kontinuierliche Erfassung der absoluten Fahrzeuglage längs des Langstators ist mit einer solchen Vorrichtung nicht möglich. Sie erfolgt daher bisher durch Integration der Weginformation. Trotz zuverlässiger Integrationsverfahren ist eine solche Lagebestimmung unbefriedigend, weil Fehler nicht ausgeschlossen werden können bzw. die Lageinformation zuverlässig gespeichert werden muß. Dasselbe würde bei der analogen Anwendung bekannter, zur Ermittlung des Läuferwinkels von Synchronmaschinen bestimmten Vorrichtungen (DE-AS 23 53 594) gelten, bei denen mit Signalspuren versehene Meßleisten verwendet werden. Dabei weist jede Signalspur eine Vielzahl von Elementen und jede Auswerteinrichtung dafür einen an das zugehörige Sensorsystem angeschlossenen Zähler auf. Jeder Störimpuls würde daher die zugeordnete Fahrzeuglage verfälschen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs beschriebenen Gattung so zu verbessern, daß die Pollage und die absolute Fahrzeuglage mit großer Genauigkeit und weitgehend unbeeinflusst durch die Felder des Antriebs ermittelt werden können.

Zur Lösung dieser Aufgabe dienen die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1.

Die Erfindung bringt den Vorteil mit sich, daß jedes binäre Wort unmittelbar die aktuelle Fahrzeuglage anzeigt. Hierdurch ist gewährleistet, daß zur Bestimmung der absoluten Fahrzeuglage nicht auf Speicherinhalte zurückgegriffen werden muß, sondern die gesuchte Information eindeutig aus dem aktuell gelesenen Datensatz bestimmbar ist.

Beide Maßnahmen entsprechen dem Wunsch nach einer hohen Verfügbarkeit der Lagesignale, da nach Beseitigung etwaiger Störungen keine Neufestlegung des am Fahrzeug orientierten Bezugssystems notwendig ist. Darüber hinaus ergibt sich eine Entschärfung von Problemstellen, wie sie z. B. durch die notwendigen Dehnspalte des Fahrwegs gebildet werden, da die Pollage-Dekodierung einen integral messenden Charakter hat und die Dehnspalte selbst in einem Bereich der Meßleiste angeordnet werden können, in dem keine inkrementalen Schlitzkodierungen eingeschrieben sind.

Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung besitzt die Meßleiste einen winkelförmigen Querschnitt und je einen horizontalen und vertikalen Schenkel. Dabei sind die Pollage- und Fahrzeuglage-Kodierungen am vertikalen Schenkel angebracht, während der horizontale Schenkel zur Bildung einer außerhalb des Tragsmagneten liegenden Bezugsebene für die Messung des Luftspalts zwischen dem Tragsmagneten und dem Langstator dient. Dadurch ist es möglich, alle für den Betrieb des Fahrzeugs erforderlichen Meßsignale ohne Störungen durch die beim Betrieb des Fahrzeugs entstehenden Felder bzw. die Nuten des Statorblechpakets zu erfassen.

Weitere vorteilhafte Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird nachfolgend beispielsweise anhand der beiliegenden Zeichnung erläutert. Darin zeigt

Fig. 1 in schematischer Darstellung einen Abschnitt eines Statorblechpaketes für einen synchronen Langstatormotor eines Magnetschwebefahrzeugs mit einem Abschnitt eines mit dem Fahrzeug verbundenen Tragsmagneten.

Fig. 1a einen Schnitt längs der Linie I-I der Fig. 1.

Fig. 2 in schematischer Darstellung einen Vertikalschnitt durch ein Magnetschwebefahrzeug und seinen Fahrweg.

Fig. 3 in verkleinertem Maßstab einen Abschnitt des Statorblechpaketes entsprechend Fig. 1 mit einer zugeordneten, kodierte Meßleiste sowie schematisch einen Teil eines Tragsmagneten und eines Sensorsystems zur Dekodierung der Meßleiste.

Fig. 4 einen Abschnitt der Meßleiste und des Sensorsystems mit weiteren Einzelheiten sowie ein Diagramm mit den vom Sensorsystem abgegebenen Meßsignalen.

Fig. 5 einen Abschnitt der Meßleiste mit einer zusätzlichen, erfindungsgemäßen Schlitzkodierung und den daraus ableitbaren Signalen.

Fig. 6 in schematischer Darstellung einen Horizontalschnitt durch die Meßleiste nach Fig. 5 und ein zugeordnetes Sensorsystem.

Fig. 7 eine grafische und formelmäßige Darstellung des Pollagevektors und eines Referenzvektors bei Anwendung der Meßleiste nach Fig. 5.

Fig. 8 das Blockschaltbild eines Phasen- Regelkreises zur Ermittlung des Pollagevektors nach Fig. 7.

Fig. 9 das Blockschaltbild eines linearisierten Phasen- Regelkreises zur Ermittlung des Pollagewinkels.

Fig. 10 ein Blockschaltbild für die Bestimmung der Fahrzeuggeschwindigkeit.

Fig. 11 in perspektivischer Darstellung einen Abschnitt einer Meßleiste gemäß einer weiteren Ausführungsform.

Fig. 12 in perspektivischer Darstellung einen Abschnitt einer Meßleiste gemäß einer dritten Ausführungsform.

Fig. 13 in schematischer Darstellung eine Meßeinrichtung für die Dekodierung der Meßleiste.

Fig. 14 in schematischer Darstellung eine weitere Meßeinrichtung zur Dekodierung der Meßleiste.

Fig. 15 schematisch die mit der Meßeinrichtung nach Fig. 14 aus der Meßleiste ableitbaren Signale.

Bei einer Magnetschwebebahn mit synchronem Langstatormotor (Fig. 1, 1a, 2) ist ein Statorblechpaket 1 ortsfest mit einem Fahrweg 6a verbunden. In die Nuten des Statorblechpaketes 1 ist eine Drehstrom- bzw. Statorwicklung 2 eingelegt, welche vom Antriebswechselrichter des Unterwerks mit Drehstrom variabler Amplitude und Frequenz gespeist wird, wodurch sich in

bekannter Weise eine fortschreitende Strombelagswelle längs des Stators ausbildet. Das Erregerfeld der Langstator-Synchronmaschine wird durch mit dem Fahrzeug verbundene Tragmagnete 3, bestehend aus Magnetkernen 4 und Erregerwicklungen 5, erzeugt. Neben der Funktion des magnetischen Tragens stellen die Tragmagnete 3 somit gleichzeitig das Erregerfeld der Synchronmaschine bereit.

Zur Ausbildung der gewünschten Vortriebskraft ist es erforderlich, daß die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Induktionswelle und damit auch die Fahrzeuggeschwindigkeit synchron mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Strombelagswelle erfolgt. Die maximale Vortriebskraft ergibt sich bei vorgegebenen Amplituden der beiden Grundschwingungs-Wanderwellen, wenn die optimale relative Lage des fahrzeugbezogenen Erregerfelds zur Statorwicklungsverteilung eingehalten wird. Bei einem Synchron-Drehstrommotor entspräche dieses der Einhaltung des optimalen Polradwinkels.

Dies kann durch geeignete Frequenzregelung des Antriebswechselrichters im Unterwerk erreicht werden, wobei die momentane Fahrzeuggeschwindigkeit und relative Lage der Tragmagnete 3 zum Beispiel zur Phase R der Statorwicklung 2 als Meßgrößen vorliegen müssen.

Zur Ermittlung der jeweiligen Pol- und Fahrzeuglage ist längs des Fahrwegs 6 (Fig. 2) eine winkelförmige Meßleiste angebracht, welche in einem unveränderlichen Abstand zur Zahnoberfläche des Statorblechpakets formflüssig fixiert ist und in Ausbreitungsrichtung der Strombelagswelle eine feste Zuordnung zur Langstatorwicklung besitzt. Die definierte Lage der Meßleiste 7 wird zweckmäßigerweise durch zusätzlich am Statorblechpaket 1 eingebrachte Nuten und/oder entsprechende Halterungen an den Befestigungsteilen der Statorwicklung mit einheitlichen Montageteilen ohne zusätzliche Justageeinrichtungen genau und eindeutig erreicht. Am horizontalen Schenkel der Meßleiste 7 ist parallel zur Nutoberfläche des Statorblechpakets 1 und in Fortschrittrichtung der Strombelagswelle ein durchgehender Metallbelag 8 angebracht. Dieser Metallbelag 8 dient als eine außerhalb des Tragmagneten 3 liegende Bezugsebene zur Erfassung des mechanischen Luftspalts 6 zwischen dem Tragmagneten 3 und dem Statorblechpakete 1 mittels eines Sensors 9, welcher in definierter Lage zur Poloberfläche des Magnetkerns 4 montiert ist. Die bei Messung des Luftspalts 6 gegen das genutete Statorblechpaket 1 auftretenden Probleme werden damit umgangen. Des weiteren weist das durch den Sensor 9 gegen die Meßfläche 8 gemessene Spaltsignal nahezu keine Störsignale auf, so daß die erste und zweite zeitliche Ableitung des Spaltsignals auch durch Differentiation dieses Spaltsignals gewonnen werden kann. Am vertikalen Schenkel der Meßleiste 7 sind dagegen Pollage- und Fahrzeuglage-Kodierungen angebracht, wie nachfolgend anhand der Fig. 3 bis 5 näher erläutert wird.

In Fig. 3 sind ein Statorblechpaket 101 entsprechend Fig. 1 und eine in fester Lagezuordnung und parallel dazu angeordnete Meßleiste 107 dargestellt. Die Meßleiste 107 besitzt als Pollage-Kodierung in regelmäßigen Abständen angeordnete Ausnehmungen 120, zwischen denen Zungen 121 verbleiben. Die Länge der Ausnehmungen 120 bzw. der Zungen 121 in Längsrichtung (X-Richtung) entspricht jeweils einer Polteilung τ_p . Dementsprechend ist die Pollage-Kodierung den Phasen der mehrsträngigen Statorwicklung zugeordnet.

Am Fahrzeug befindet sich in räumlich fester Zuord-

nung zu einem Tragmagneten 103 ein Sensorsystem 113, dessen Länge in X-Richtung wenigstens der doppelten Polteilung τ_p entspricht. Der räumliche Abstand des Sensorsystems 113 zum Tragmagneten 103 ist frei wählbar, weil die vom Sensorsystem 113 abgegebenen Meßsignale periodische Meßsignale sind, die insbesondere einer Sinus/Cosinus-Funktion folgen, womit eine räumliche Winkelverschiebung dieser Signale möglich ist.

Nach Fig. 4 besteht das Sensorsystem, welches insgesamt eine Länge besitzt, die der doppelten Polteilung entspricht, aus zwei Sensoren 122 und 123, die in X-Richtung relativ zueinander um eine halbe Polteilung versetzt angeordnet sind. Relativ zur Meßleiste 107 besitzen die beiden Sensoren 122, 123 unterschiedlichen Abstand.

Die Sensoren 122, 123 sind so ausgebildet, daß sie im Zuge der Pollage-Dekodierung aus dem rechteckigen Verlauf der Pollage-Kodierung (Ausnehmungen 120, Zungen 121) Meßsignale abgeben, die im wesentlichen nur den Grundwellenanteil enthalten, dessen Frequenz der Polteilung entspricht. Entsprechende Meßsignale sind im Diagramm im unteren Teil der Fig. 4 wiedergegeben. Die Meßsignale der beiden Sensoren 122, 123 sind ebenfalls um eine halbe Polteilung versetzt. Abstandsschwankungen des Sensorsystems 113 gegenüber der Meßleiste 107 äußern sich nur in der Amplitude der Meßsignale, nicht aber in deren Phasenlage. Durch Differenzbildung der Meßsignale lassen sich daher Abstandseinflüsse auf einfache Weise eliminieren.

Die in den Fig. 3 und 4 dargestellte Meßleiste 107 besitzt außerdem eine Fahrzeuglage-Kodierung in Form einer Schlitzkodierung 124, die in Fig. 5 dargestellt ist.

Dazu weist jede Zunge 121 eine Reihe von Schlitten 125 auf, die bezüglich eines gedachten, konstanten Abstandsrasters 126 rechtsbündig oder linksbündig angeordnet sind. Das Abstandsraaster 126 ist jeweils durch die Trennung zwischen dunklen und hellen Bereichen der Schlitten 125 definiert. Im unteren Teil der Fig. 5 sind darüber hinaus die jeweiligen Auslesesignale mit dazu geordneten Synchronisationssignalen dargestellt. Aus der Kombination der Auslesesignale und entsprechenden Synchronisationssignalen werden binäre Worte gebildet, die den jeweiligen Ort des Fahrzeugs längs des Fahrwegs definieren.

Die Meßleiste 107 wird so angeordnet, daß sie von Feldern des Antriebssystems weitgehend frei ist. Dementsprechend steigt die Empfindlichkeit der Meßleiste 107 zugeordneten Sensoren. Dadurch wird es wiederum möglich, Sensoren einzusetzen, die einerseits Meßwicklungen für die Pollage-Dekodierungen und andererseits Meßwicklungen für die Schlitzdekodierung besitzen, die also Felder, die zum Zweck der Messung im Bereich der Meßleiste 107 aufgebaut und durch die Kodierung der Meßleiste beeinflußt werden, entkoppeln können.

Durch die Schlitzkodierung 124 wird die Pollage-Dekodierung etwas gestört, weil auch durch die Schlitten das auf der anderen Seite der Meßleiste 107 aufgebaute Magnetfeld beeinflußt wird. Diese Störungen lassen sich aber auf einfache Weise beherrschen. Im Hinblick auf eine geringe Rückwirkung der Schlitzkodierung 124 auf die Pollage-Dekodierung ist nämlich die Anzahl der auf jeder Zunge 121 angeordneten Schlitten 125 vorzugsweise konstant. Außerdem ist die Wertigkeit eines jeden Schlittens 125 vorzugsweise durch seine räumliche Lage (rechtsbündig-linksbündig) innerhalb eines jedem Schlitz zugewiesenen Bereichs gekennzeichnet, weil bei

einem konstanten Abstandsrastrer die Störung der Pollageinformation am geringsten ist und im übrigen durch Anordnung der Schlitze rechts oder links der Rastergrenzen eine eindeutige Information erhalten werden kann. Die Zuordnung jeder gelesenen Schlitzinformation erfolgt durch das Pollagesignal, da sich dessen zeitlicher Verlauf an der Pollage-Kodierung orientiert. Abhängig vom Auflösungsvermögen der zu lesenden Schlitzinformation, der Länge der Pollage-Kodierung und der Länge der zu lesenden Information können eine oder mehrere Pollage-Kodierungen zur Beschreibung eines binären Wortes verwendet werden.

Während die Meßsignale, die die Pollageinformation enthalten, analoge Signale mit hohem Auflösungsvermögen sind, liefern die Meßwicklungen für die Schlitzdekodierung digitale Meßsignale, die zur Bestimmung der absoluten Fahrzeuglage verarbeitet werden können.

Fig. 6 zeigt in schematischer Darstellung den Aufbau eines Sensors 122 oder 123 des Sensorsystems 112, 113. Jeder Sensor 122 bzw. 123 besteht aus einer Reihe von U- oder E-förmigen Kernen 127. Beiderseits der Meßleiste 107 ist jeweils eine Reihe von Kernen 127 angeordnet.

Die in Fig. 6 obere Reihe der Kerne 127 dient zum Aufbau eines in Fig. 6 angedeuteten Magnetfelds. Dazu trägt jeder zweite Schenkel 128 der Kernreihe eine Wicklung 129. Die Wicklungen 129 sind untereinander in Reihe geschaltet und mit einem Generator 130 verbunden.

Die in Fig. 6 untere Reihe der Kerne 127 trägt wiederum an jedem zweiten Schenkel 128 eine Meßwicklung 131. Diese Meßwicklungen 131 sind untereinander in Reihe geschaltet und dienen zur Pollage-Dekodierung.

Wenigstens zwei benachbarte Stege 132 der in Fig. 6 unteren Kernreihe tragen ebenfalls in Reihe geschaltete Wicklungen 133, die als Meßwicklungen für die Schlitz- bzw. Fahrzeuglage-Dekodierung dienen. Damit läßt sich durch geometrische Anordnung der einzelnen Meßwicklungen bereits eine weitgehende Entkopplung der gewünschten Meßinformationen erreichen. Die Meßsignale sind im übrigen groß genug, damit durch Differenzbildung der Meßsignale zweier benachbarter Meßwicklungen Störgrößen gleichsam eliminiert werden können. Dementsprechend sollen zwei benachbarte Stege eine Meßwicklung für die Schlitzdekodierung tragen.

Das von den Erregerwicklungen 129 auf der einen Seite der Meßleiste 107 erzeugte magnetische Wechselfeld wird auf der anderen Seite der Meßleiste 107 von den Wicklungen 131 für die Pollage-Dekodierung und 133 für die Schlitzdekodierung erfaßt. Die gewünschten Informationen werden durch Modulation der magnetischen Flußverteilung, die in Fig. 14 angedeutet ist, ermittelt. Dabei werden die in der elektrisch leitfähigen Pollage-Dekodierung der Meßleiste 107 auftretenden Wirbelstromeffekte ausgenutzt. Während die Pollageinformation integral über den Bereich von etwa einer Polteilung bestimmt wird, erfolgt die Schlitz-Dekodierung in einem eng begrenzten Bereich durch die zusätzliche Wicklung 133, welche die beim Passieren eines Schlitzes 125 auftretenden Feldunsymmetrien erfaßt und ausnutzt.

Um den Einfluß der Schlitz-Dekodierung auf die Pollage-Dekodierung gering zu halten, ist die Anzahl der Schlitze 125 auf jeder Zunge 121 konstant und sind die Schlitze 125 im wesentlichen an den gleichen Orten der

Zungen 121 angeordnet, nämlich jeweils rechtsbündig oder linksbündig zu den Grenzen des Abstandsrastrers.

Die Auswertung der Meßsignale für die Schlitz-Dekodierung erfolgt unter Verwendung der Fig. 5 dargestellten Auslesesignale und Synchronisationssignale in bekannter Weise.

Die Auswertung der Meßsignale für die Pollage-Dekodierung erfolgt zweckmäßig dadurch, daß zunächst ein Pollagevektor gebildet wird, dessen Definition sich aus den Formeln und der grafischen Darstellung in Fig. 7 ergibt. Die verwendeten Symbole sind wie folgt definiert:

- U_{pm} Pollagemeßvektor
- U_{pR} Referenzvektor
- θ_m Pollagewinkel (Messung)
- θ_R Pollagewinkel (Referenz)
- $\Delta\theta$ Phasenabweichung
- V_R Fahrzeuggeschwindigkeitssignal
- T_i Integrationskonstante Fahrzeug

Zur Elimination der Amplitudenabhängigkeit und zur Dämpfung vorhandener Oberschwingungen im Pollagesignal des Sensorsystems 113 wird der gemessene Pollagevektor multiplikativ entsprechend der Gleichung 1 in Fig. 7 mit einem Referenzvektor U_{pR} verknüpft. Diese Beziehung entspricht einer Koordinatentransformation des Pollagemeßvektors U_{pm} auf ein Referenzkoordinatensystem. Durch Nachführen des Referenzvektors U_{pR} wird der stationäre Winkelfehler unabhängig von der Frequenz der Pollagesignale zu Null geregelt.

Der der Winkeldifferenz $\theta_m - \theta_R$ entsprechende Imaginärteil wird einem Phasenregelkreis zugeführt, der in Fig. 8 dargestellt ist. Dieser Phasenregelkreis besitzt zunächst eine Schaltung 134 zum Ausgleich von Nichtlinearitäten. An die Schaltung 134 schließt sich ein Regler 135 an, der ein analoges Ausgangssignal liefert, welches der Fahrzeuggeschwindigkeit proportional ist. Der Regler 135 steuert einen spannungsgesteuerten Oszillator 136, an dessen Ausgang ein Sinus-Kosinus-Konverter 137 liegt, welcher den Referenzvektor U_{pR} liefert. Der Referenzvektor U_{pR} wird wie dargestellt zurückgeführt.

Fig. 9 zeigt einen vereinfachten, linearisierten Phasenregelkreis mit Regler 135 und spannungsgesteuertem Oszillator 136. Fig. 10 zeigt, daß am Ausgang des Reglers 135 ein der Fahrzeuggeschwindigkeit proportionales Signal abgegriffen werden kann. Da in diesem Fall auch für die Fahrzeuggeschwindigkeit ein analoges Signal zur Verfügung steht, ergibt sich gegenüber einer zeitdiskreten Geschwindigkeitsermittlung ein besseres, von der Fahrgeschwindigkeit unabhängiges dynamisches Verhalten des Fahrzeugs.

Fig. 11 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Meßleiste 7 nach Fig. 2 aus einem elektrisch nicht leitenden Material, auf dessen horizontalen Schenkel das durchgehende, elektrisch leitfähige Material aufgebracht ist, gegen dessen Oberfläche die Spaltinformation gemessen wird. Eine weitere metallische Beschichtung 10 dient als digitaler Informationsträger für die Lageinformationen. In Fig. 12 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Meßleiste 7 dargestellt, bei welcher sowohl die Lageinformation als auch die Spaltinformation in derselben metallischen Beschichtung 10 in digitaler Form gespeichert ist.

Fig. 13 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines auf einem induktiven Meßverfahren beruhenden Sensorsystems, welches auch unter erschwerten Umweltbedingungen in

der Lage ist, die zwischen der metallischen Beschichtung 10 vorhandenen Schlitze der Meßleiste 7 sicher zu erkennen. Die Meßleiste 7 ist zwischen dem Sendesystem 12 und dem Empfangssystem 13 eingebracht. Das Sendesystem 12 erzeugt über eine von einem Hochfrequenzgenerator 36 gespeisten Sendespule 37 ein magnetisches Hochfrequenzfeld, welches von der Empfangseinrichtung 13, bestehend aus einer Empfangsspule 38 mit nachgeschaltetem, auf die Sendefrequenz abgestimmten Bandfilter 39 und einem Demodulator 40 10 erfaßt wird. Befindet sich senkrecht zur Verbindungsachse der Sende- und Empfangsspule eine metallische Platte, so wird das Magnetfeld der Sendespule 37 von der Empfangsspule 38 abgeschirmt, wodurch die Ausgangsspannung U_a der Empfangseinrichtung einen sehr kleinen Wert annimmt. Befindet sich jedoch senkrecht zur Verbindungsachse der Sende- und Empfangsspule ein von zwei Metallplatten berandeter nichtleitender Zwischenraum, so wird die Ausgangsspannung U_a der Empfangseinrichtung 13 maximal. 20

Dieses Maximum gibt somit die Mitte eines von zwei Metallplatten berandeten Zwischenraums mit hinreichender Genauigkeit wieder. Zur Erhöhung dieser Genauigkeit kann es zweckmäßig sein, mehrere Sendesysteme und/oder Empfangssysteme zur Gewinnung des vorgenannten Maximums einzusetzen. 25

Fig. 14 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit einem Sendesystem 12 und einem erweiterten Empfangssystem 41, bei welchem die Empfangsspule 38 mit nachgeschaltetem Bandfilter 39 und Demodulator 40 durch zwei weitere, um den Abstand a versetzte Empfangsspulen 42 und 43 mit nachgeschalteten Bandfiltern 39 und Demodulatoren 40 ergänzt wurde. Das Ausgangssignal der Empfangsspule 38 wird mit den negativ bewerteten Ausgangssignalen 44, 45 der Empfangsspulen 42 und 43 35 einer Summationsstelle 46 mit nachfolgender Gleichrichtung 47 und Quadrierung 48 zugeführt.

Das Ausgangssignal des Quadrierausteins 48 weist die gewünschte schärfere Ausbildung des Maximums auf. Zur Gewinnung eines Digitalsignals aus der Ausgangsspannung des Quadrierausteins 48 ist es weiterhin zweckmäßig, diese Spannung einem Komparator 49 zuzuführen, wobei dessen Referenzwert aus dem zeitlich vorhergehenden Maximum gebildet wird. 40

Dazu wird dieses Maximum mit einem Spitzenwertmesser 50 erfaßt und mit einem konstanten Faktor 51 ($K < 1$) bewertet. Damit ist sichergestellt, daß die Impulsbreite des Digitalsignals selbst bei veränderlicher Amplitude des Maximums stets unverändert bleibt. 45

Zur Verdeutlichung der vorstehend gemachten Ausführungen zeigt Fig. 15 die charakteristischen Signale der Einrichtung nach Fig. 14. Selbstverständlich kann auch ein Sensorsystem, welches nur aus Sendespulen besteht und deren Dämpfung durch Metallplatten gemessen wird, eingesetzt werden. 50

Mit den Sensorsystemen nach Fig. 13 oder Fig. 14 kann die auf der Meßleiste in Form der Abfolge von Metallschicht-Zwischenraum-Metallschicht gespeicherte Digitalinformation zuverlässig erfaßt werden. Zur Erhöhung der Auflösung der Lageinformation können darüber hinaus mehrere Sensoren in Ausbreitungsrichtung der Strombelagswelle örtlich derart versetzt werden, daß diese einen Nonius bilden. 55

Zur Vermeidung von Fehlern, welche sich aus Längsverschiebungen der Fahrzeugsektionen ergeben können, ist es zweckmäßig, mehrere Sensorgruppen symmetrisch zur Mittellinie des Fahrzeugs anzuordnen. 60

Mit den vorgenannten Maßnahmen kann die gesamte

für ein Langstator-Magnetschwebbahnfahrzeug benötigte Lageinformation in die Meßleiste eingeschrieben und auf dem Fahrzeug erfaßt werden. Die Übertragung dieser Lageinformation zum Unterwerk erfolgt dann beispielsweise über Funk, wobei auf den üblicherweise bereits vorhandenen Schlitzhohlleiter als Übertragungskanal zurückgegriffen werden kann.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Übertragung von Informationen vom Fahrweg auf das Fahrzeug an einer Magnetschwebbahn mit einem Antriebssystem, insbesondere einem Langstatormotor, mit einer mit dem Fahrweg verbundenen, in dessen Längsrichtung und in fester Zuordnung zur Statorwicklung erstreckten Meßleiste, die eine Pollage-Kodierung in Form von in Längsrichtung des Fahrwegs beabstandeten, abwechselnd aufeinander folgenden Zungen und Ausnehmungen aufweist, und mit einem ersten, am Fahrzeug montierten Sensorsystem zur Abtastung der Pollage-Kodierung, dadurch gekennzeichnet, daß die Zungen (121) und Ausnehmungen (120) eine jeweils der Polteilung der Statorwicklung entsprechende Länge aufweisen und die Meßleiste (107) außerdem eine Fahrzeuglage-Kodierung in Form von in Längsrichtung des Fahrwegs beabstandeten Schlitzkodierungen (124) enthält, deren Auslesesignale am Fahrzeug durch ein vom ersten Sensorsystem (113) unabhängiges zweites Sensorsystem abgetastet werden, wobei aus der Kombination der Auslesesignale binäre Worte gebildet werden, die den jeweiligen Ort des Fahrzeuges längs des Fahrwegs definieren.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein gemeinsames Sensorsystem mit Meßwicklungen (131) für die Pollage-Dekodierung und Meßwicklungen (133) für die Fahrzeuglage-Dekodierung vorgesehen ist, wobei die Meßwicklungen (131) für die Pollage-Dekodierung unter einem anderen Winkel als die Meßwicklungen (133) für die Fahrzeuglage-Dekodierung zur Meßleiste (107) angeordnet sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorsystem aus U- oder E-förmigen Kernen (127) aufgebaut ist, deren Schenkel (128) auf die Meßleiste (107) gerichtet sind, und daß die Meßwicklungen (131) für die Pollage-Dekodierung an den Schenkeln (128) und die Meßwicklungen (133) für die Fahrzeuglage-Dekodierung an dazwischen liegenden Stegen (132) angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei benachbarte Stege (132) eine Meßwicklung (133) für die Fahrzeuglage-Dekodierung tragen.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen (120) aus im Abstand der Polteilung der Statorwicklung angeordneten, rechteckigen Ausnehmungen (120) der Meßleiste (107) bestehen.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Fahrzeuglage-Kodierung (124) aus an den Zungen (121) angeordneten Schlitzten (125) besteht.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Schlitzte (125) an jeder Zunge (121) dieselbe ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzkodierung (124) aus Schlitzten (125) (126) rechtsbündig oder linksbündig angeordnet sind.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zwei in Fahrtrichtung um eine halbe Polteilung der Statorwicklung zueinander versetzte Sensorsysteme (122, 123) vorgesehen sind.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß den Meßwicklungen (131) für die Pollage-Dekodierung ein Phasenregelkreis zur Bildung eines gefilterten Pollagevektors zugeordnet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Phasenregelkreis einen Regler (135) und einen durch dessen Ausgang gesteuerten Oszillator (136) mit nachgeschaltetem Sinus-Cosinus-Konverter (137) aufweist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßleiste (7) zusätzlich eine zur Messung des Abstands des Fahrzeugs von der Statorwicklung bestimmte, metallische Referenzfläche (8) aufweist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorsystem zur Erfassung der Fahrzeuglage-Kodierung (10) aus einem Sendesystem (12) und einem Empfangssystem (13) besteht und die Meßleiste (7) gabelförmig umfaßt, das Sendesystem (12) aus einer von einem Hochfrequenzgenerator (36) gespeisten Sendespule (37) besteht und das Empfangssystem (13) aus einer Empfangsspule (38) mit nachgeschaltetem Bandfilter (39) und Demodulator (40) besteht.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Sendesystem (12) und/oder das Empfangssystem (13) aus mehreren Sendespulen und/oder Empfangsspulen besteht.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere induktive Sensorsysteme (12, 13) zu Gruppen zusammengefaßt sind und diese Gruppen längs des Fahrzeugs symmetrisch zur Fahrzeugmitte angeordnet sind.

Hierzu 12 Blatt Zeichnungen

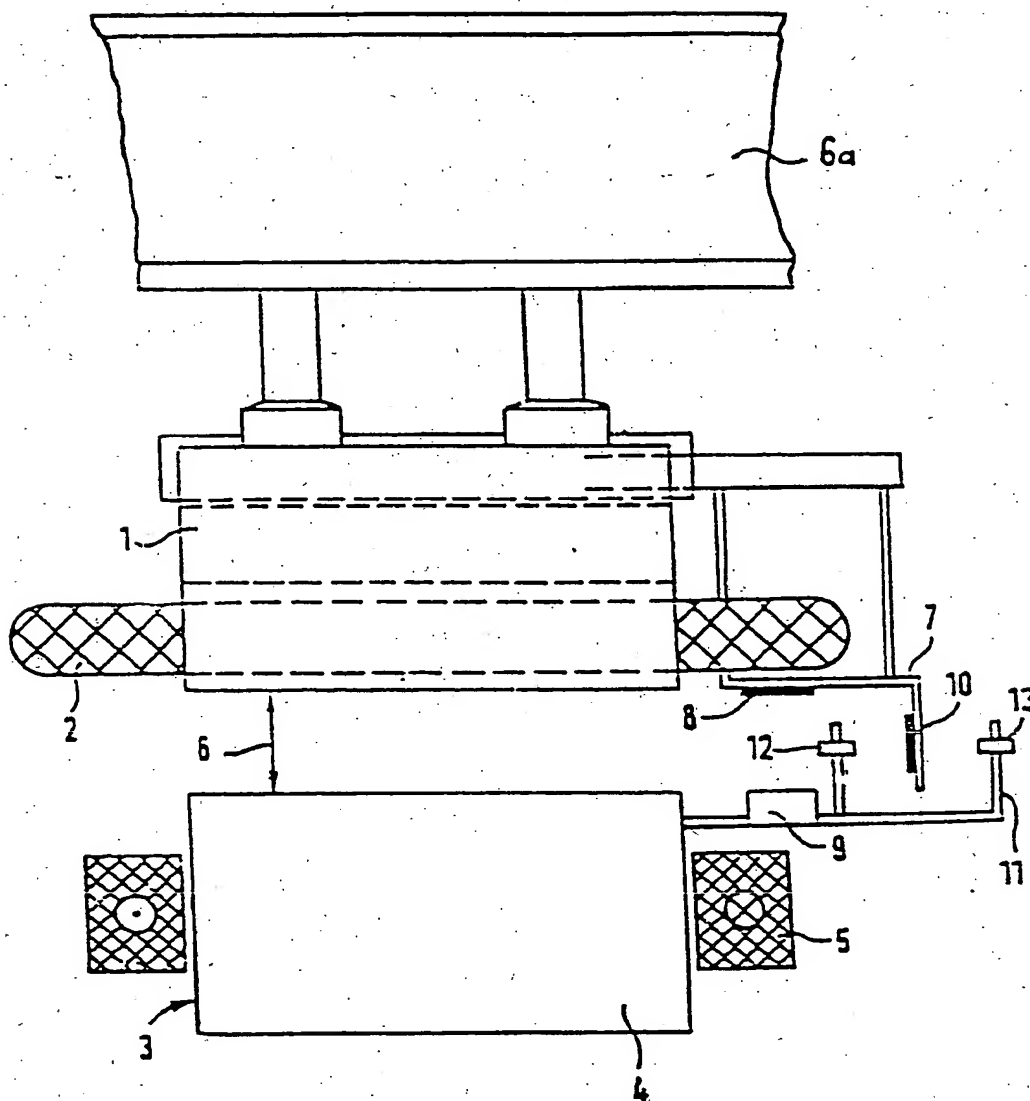


FIG. 2

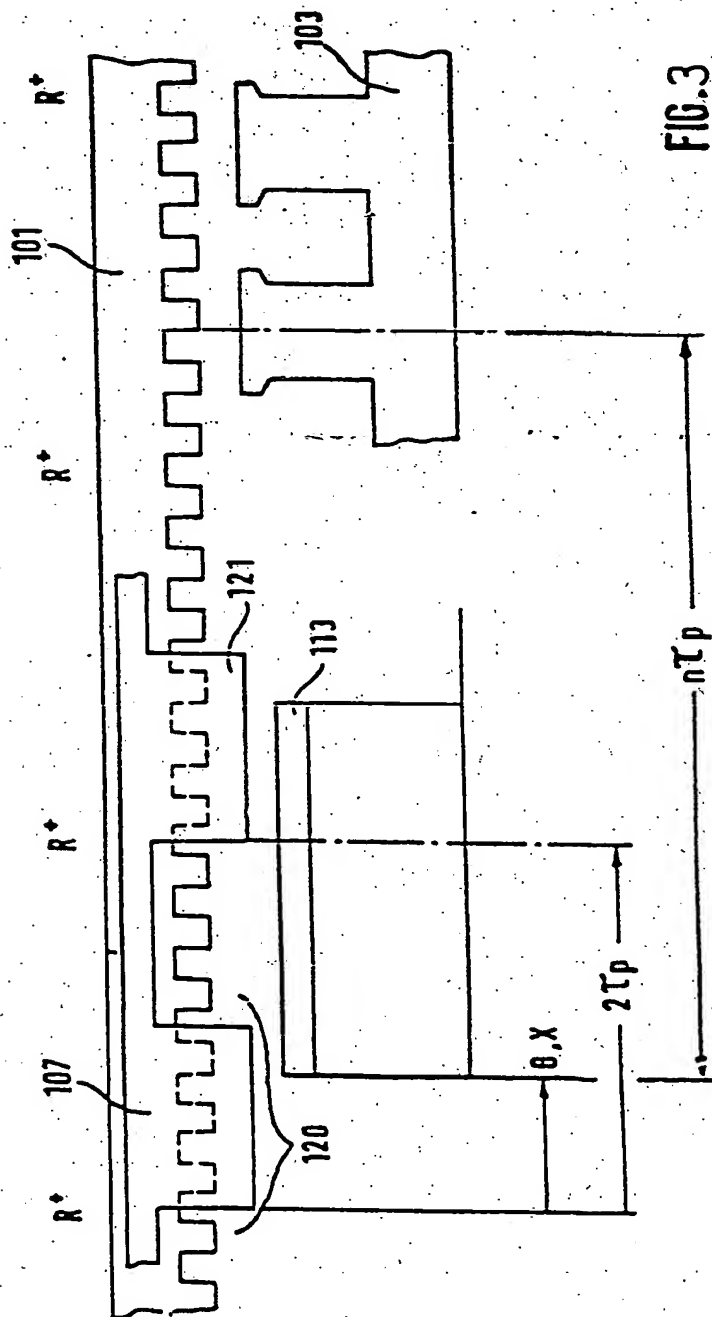


FIG. 3

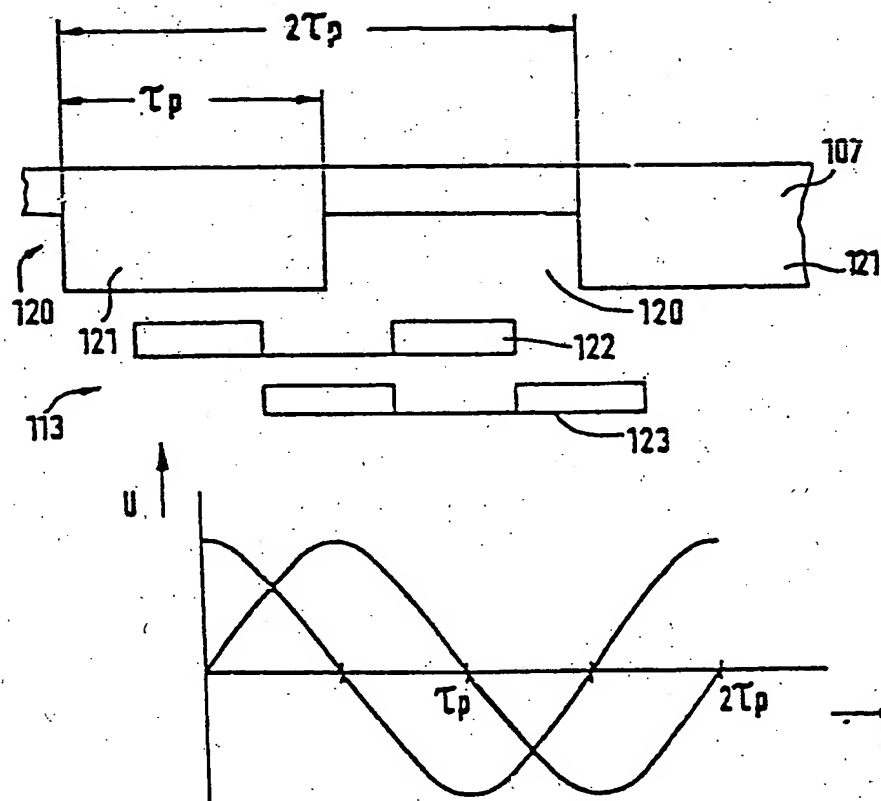


FIG. 4

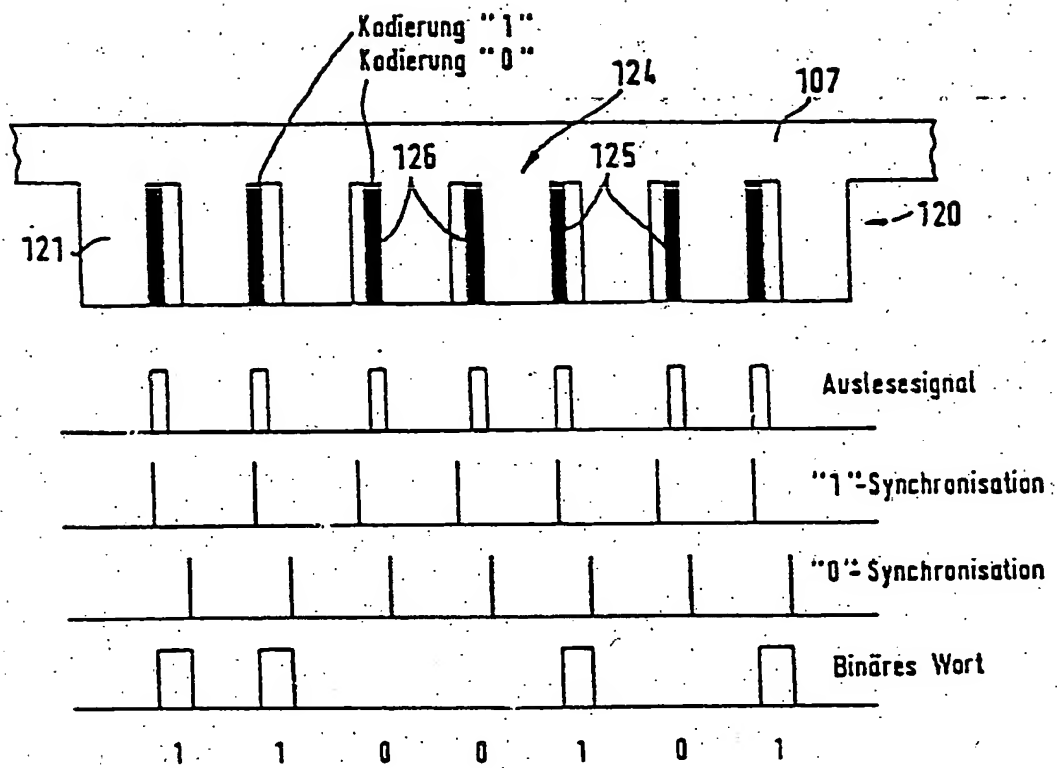


FIG.5

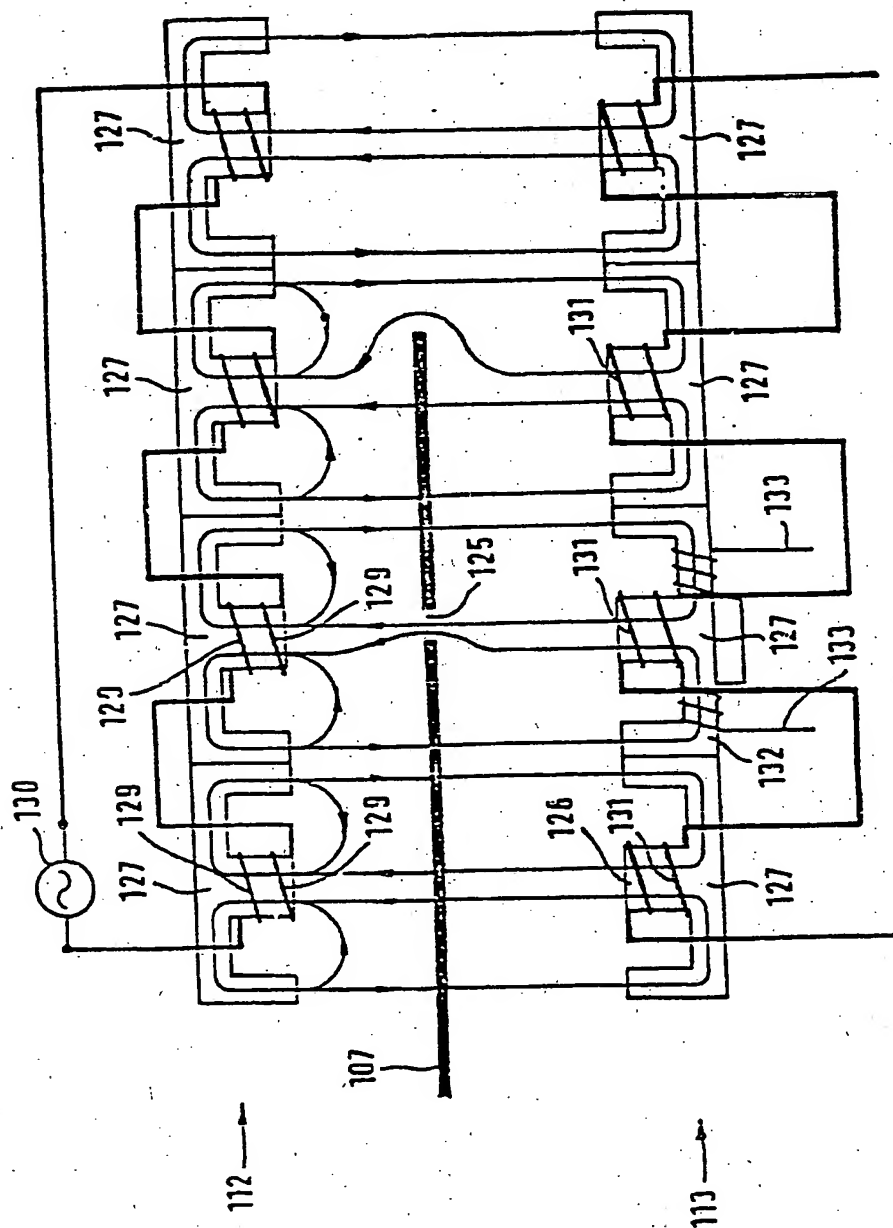


FIG. 6

$$\underline{U}_{pm} = U [\cos \theta_m + j \sin \theta_m] = U e^{j\theta_m}$$

$$\underline{U}_{pR} = [\cos \theta_R - j \sin \theta_R] = e^{-j\theta_R} \quad (\text{Gl. 1})$$

$$\underline{U}_{pm} \cdot \underline{U}_{pR} = U e^{j(\theta_m - \theta_R)}$$

$$= U [\cos (\theta_m - \theta_R) + j \sin (\theta_m - \theta_R)]$$

$$= U_d + j U_q$$

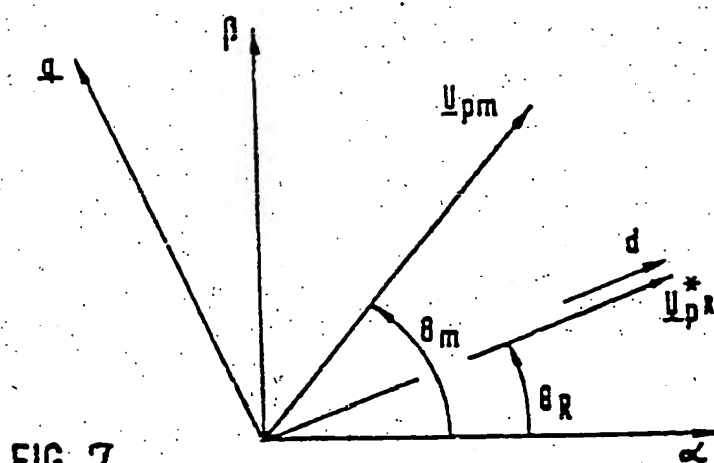


FIG. 8

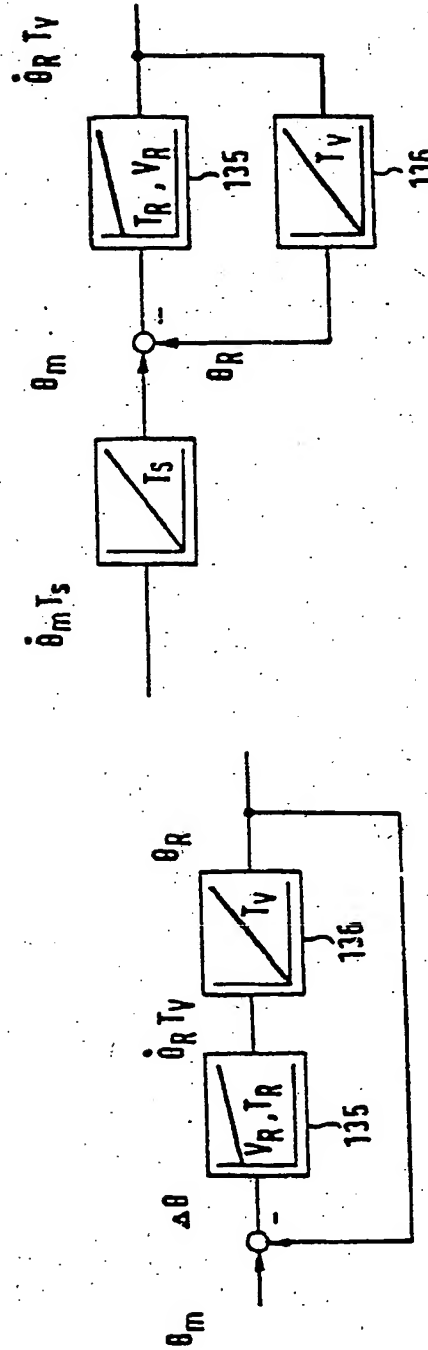
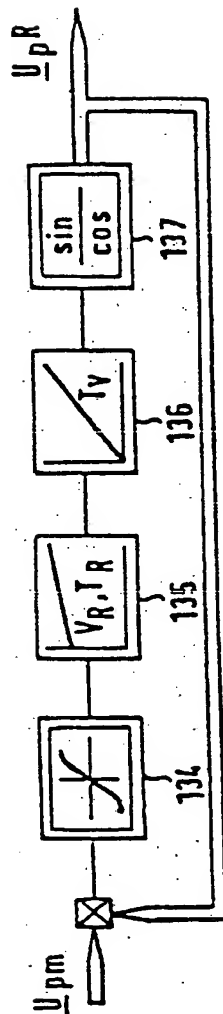
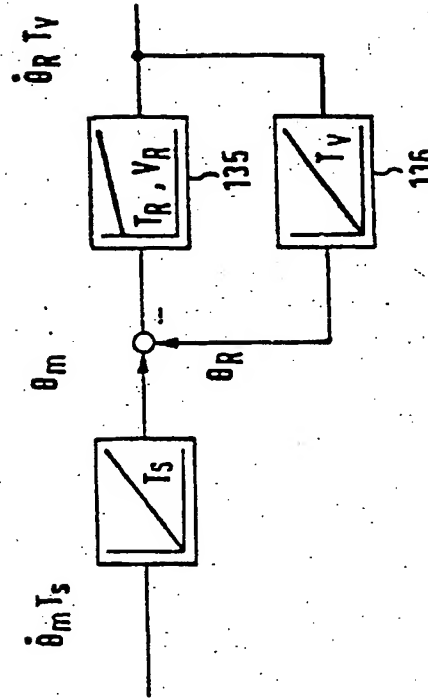


FIG. 9

$$V_R = \frac{\tau_p}{\pi} \dot{\theta}_R$$

FIG. 10



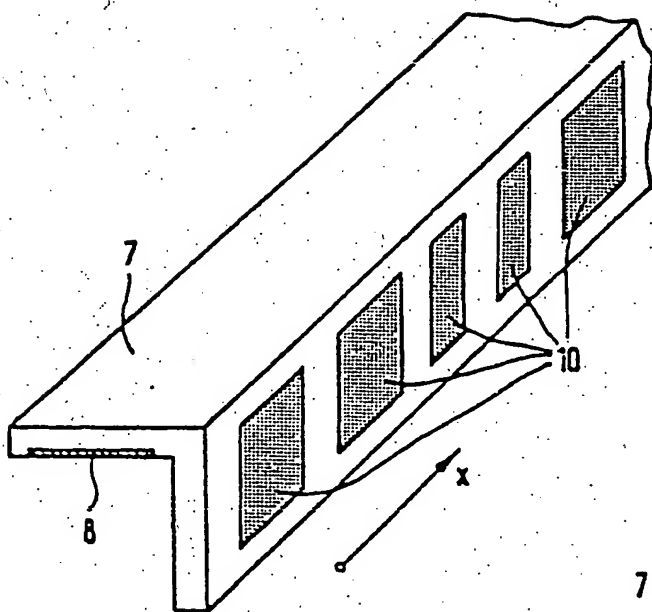


FIG. 11

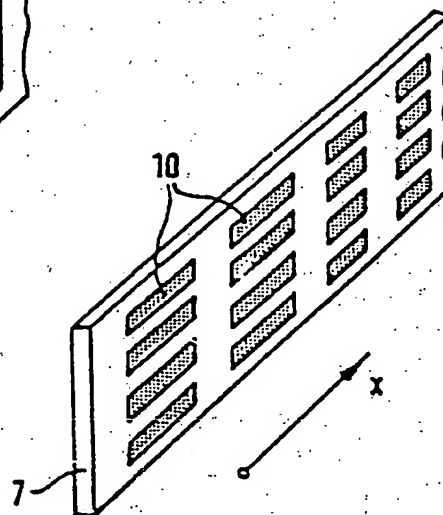


FIG. 12

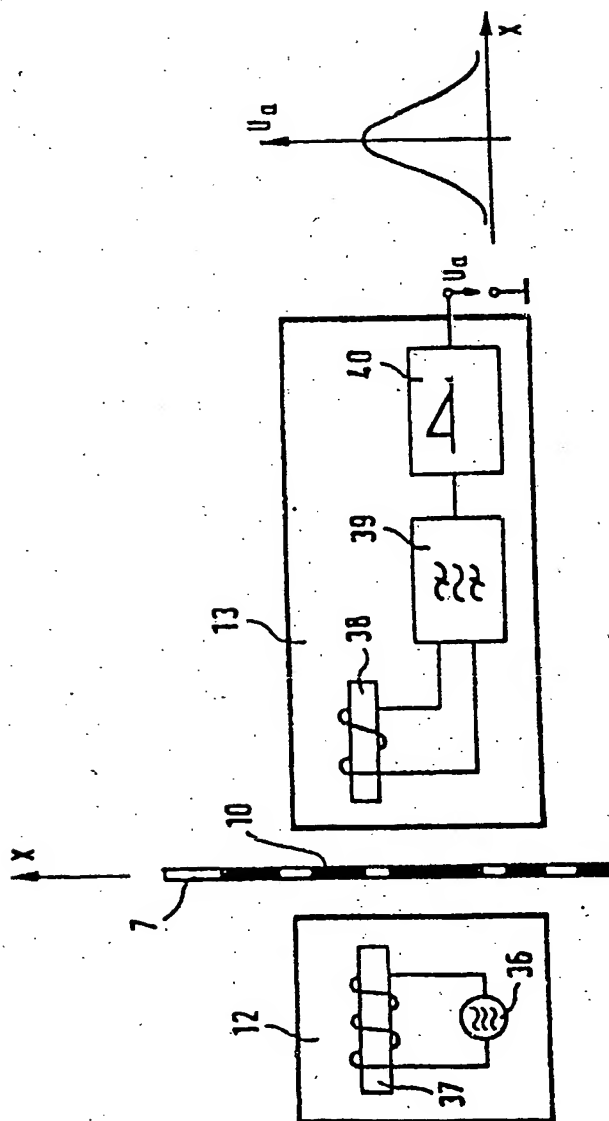
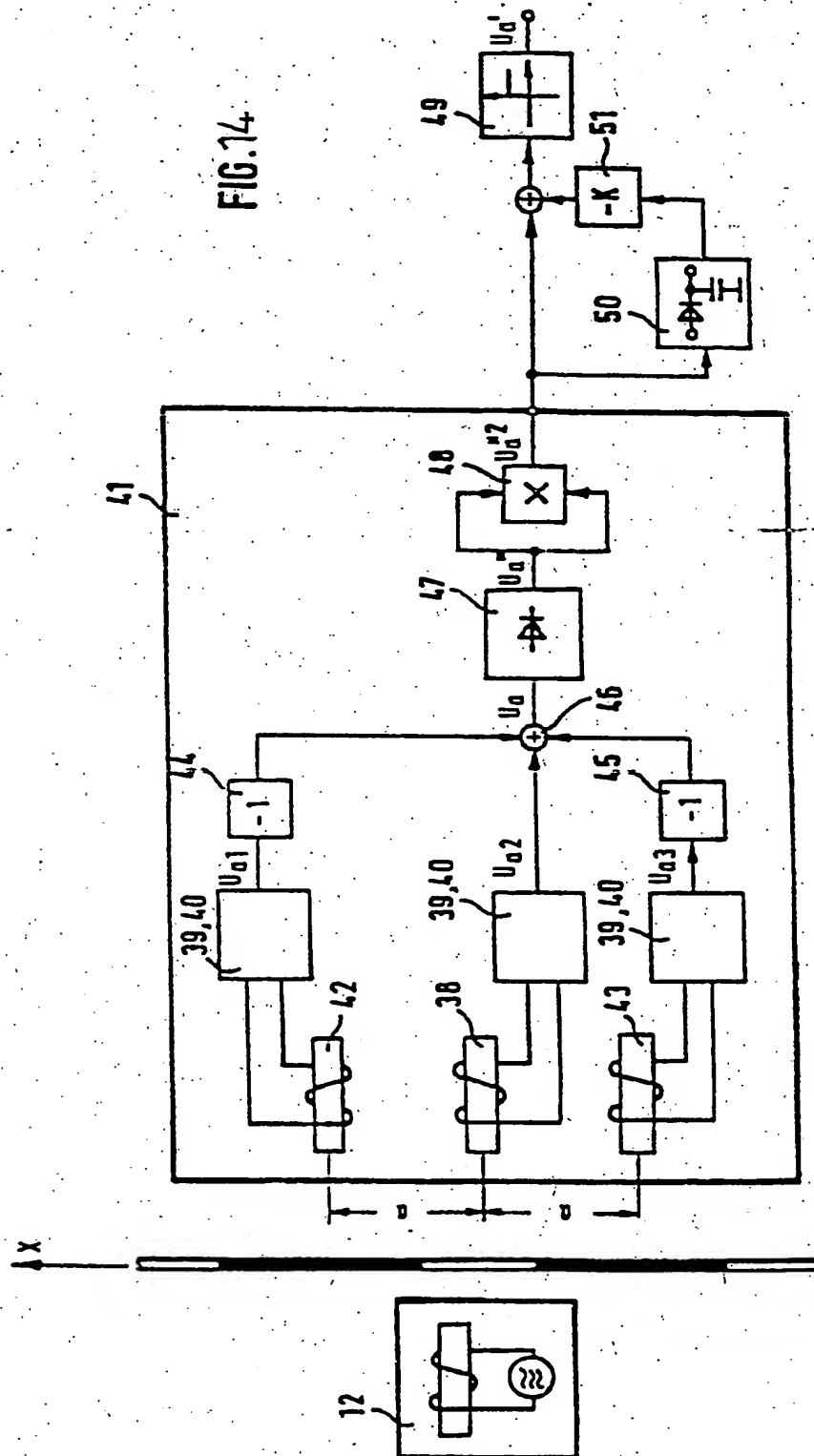


FIG. 13

FIG. 14



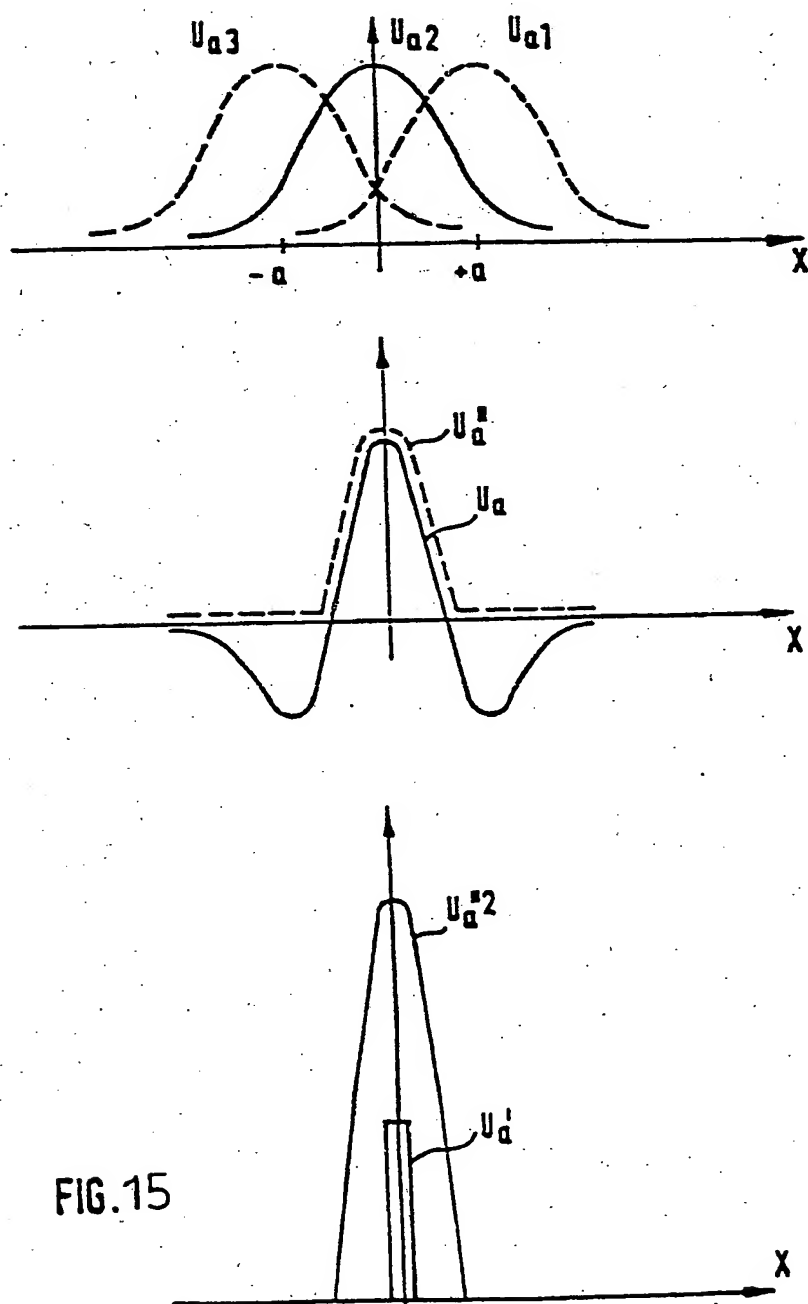


FIG.15